

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Rumput Laut

Tanaman laut yang banyak tumbuh di perairan Indonesia salah satunya adalah rumput laut. Berdasarkan kandungan pigmen didalamnya, rumput laut dikelompokkan menjadi 4 kelas yang diantaranya yaitu rumput laut merah (*Rhodophyta*), rumput laut hijau (*Chlorophyta*), rumput laut coklat (*Phaeophyta*) dan rumput laut pirang (*Chrysophyta*) (Suparmi dan Achmad Sahri, 2009).

Berdasarkan kandungan koloid didalamnya, rumput laut dibagi menjadi 3 jenis yaitu: (1) Agarophyte yang merupakan jenis rumput laut untuk bahan baku agar, seperti *Gracilaria*, *Gelidium* dan *Gelidiella*; (2) Carrageenophyte yang merupakan jenis rumput laut dengan banyak kandungan Carrageenan polysaccharides, diantaranya adalah *Eucheuma*; dan (3) Alginophyte yang merupakan bagian dari jenis rumput laut coklat (*Phaeophyceae*) yang menghasilkan alginate (Kementerian Kelautan dan Perikanan/KKP, 2014 dalam Carolina, 2015).

Rumput laut saat ini merupakan salah satu komoditas yang memiliki nilai ekonomis tinggi. Rumput laut bermanfaat sekali untuk dijadikan sebagai bahan makanan seperti agar-agar, sayuran, kue dan menghasilkan bahan algin, karaginan dan fulcelaran yang digunakan dalam industri farmasi, kosmetik, dan tekstil. Rumput laut juga bermanfaat sekali sebagai makanan ternak, bahan baku pupuk, dan berbagai peran penting lainnya sebagai bahan baku dalam industri biofuel dan obat-obatan (Munadi, 2015).

Sebagai sumber gizi, rumput laut memiliki kandungan karbohidrat (gula atau *vegetable-gum*), protein, sedikit lemak, dan abu yang sebagian besar

merupakan senyawa garam natrium dan kalium. Selain itu, berbagai jenis vitamin seperti vitamin A, B1, B2, B6, B12, dan C; betakaroten; serta mineral, seperti kalsium, fosfor, zat besi dan yodium juga terkandung dalam rumput laut (Rosulva, 2008 dalam Afif, 2011).

2.2. Limbah Agar-agar

Limbah agar-agar merupakan hasil samping dari proses pengolahan agar-agar dari rumput laut kelas Rhodophyceae (alga merah). Limbah tersebut umumnya mengandung unsur hara makro, yaitu unsur nitrogen (N) dalam jumlah yang sedikit, unsur fosfor (P) dan kalium (K) yang tinggi, unsur kalsium (Ca), unsur magnesium (Mg), dan unsur belerang (S). Limbah agar-agar juga kaya akan unsur hara mikro yang sangat dibutuhkan oleh tanaman seperti unsur besi (Fe), klor (Cl), boron (B), dan lain-lain (Saputra, 2008). Berikut adalah komposisi kimia limbah agar-agar hasil uji proksimat penelitian Mandella (2010):

Tabel 1. Komposisi kimia limbah agar-agar hasil uji proksimat

Komposisi	Jumlah (%) (bb)
Air	90,11
Lemak	0,53
Protein	0,66
Abu	0,19

Keterangan: bb = berat basah

Sumber: Mandella (2010)

Limbah agar-agar diketahui mengandung hormon auksin dan sitokinin yang dapat meningkatkan daya tumbuh tanaman untuk tumbuh, berbunga dan berbuah. Rumput laut juga memiliki sifat hidrokoloid yang dapat dimanfaatkan untuk penyerapan air dengan daya serap tinggi dan menjadi substrat yang baik untuk

mikroorganisme tanah (Saputra, 2008). Keunggulan aplikasi pupuk limbah agar-agar adalah pupuk dari limbah ini memiliki kandungan P_2O_5 lima kali lebih tinggi dan kandungan K_2O dua kali lebih tinggi daripada pupuk organik yang berasal dari kotoran sapi. Selain itu, limbah ini juga dapat meningkatkan pH tanah, meningkatkan kandungan nitrogen total dan meningkatkan kandungan bahan organik serta menghadirkan ion logam berat Cr dalam tanah guna meningkatkan populasi mikrobial tanah (Soerianto, 1987 dalam Saputra, 2008).

2.3. Sawi Caisim (*Brassica juncea* L.)

Klasifikasi tanaman casim menurut Cahyono (2003) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
 Sub-kingdom : Tracheobiont
 Super-divisio : Spermatophyta
 Divisio : Magnoliophyta
 Kelas : Magnoliopsida
 Sub-kelas : Dilleniidae
 Ordo : Capparales
 Familia : Brassicaceae
 Genus : Brassica
 Spesies : *Brassica juncea* (L.)

Terdapat tiga jenis sawi yang dikenal di Indonesia yang diantaranya adalah sawi putih atau sawi jabung, sawi hijau dan sawi huma. Sawi putih, memiliki ciri-ciri batang pendek, tegap, daun lebar dan berwarna hijau tua, tangkai daun panjang

dan bersayap melengkung ke bawah. Sawi hijau, memiliki ciri-ciri batang pendek, daun berwarna hijau keputih-putihan, serta rasanya agak pahit, sedangkan sawi huma memiliki ciri-ciri batang kecil-panjang dan langsing, daun panjang-sempit berwarna hijau keputih-putihan, serta tangkai daun panjang dan bersayap (Rukmana, 1994 dalam Fahrudin, 2009).

Caisim merupakan komoditas yang memiliki nilai komersial dan digemari masyarakat Indonesia. Daun caisim seringkali dimanfaatkan sebagai bahan pokok maupun sebagai bahan pelengkap masakan tradisional dan masakan cina oleh konsumen. Caisim juga dipercaya dapat menghilangkan rasa gatal di tenggorokan pada penderita batuk. Caisim pun berfungsi juga sebagai penyembuh sakit kepala dan mampu bekerja sebagai pembersih darah (Haryanto dkk, 2001 dalam Fahrudin, 2009).

Caisim (*Brassica juncea* L.) merupakan tanaman semusim yang berbatang pendek. Caisim juga memiliki daun berbentuk bulat panjang serta berbulu halus dan tajam, urat daun utama lebar dan berwarna putih. Pola pertumbuhan daun caisim ini mirip tanaman kubis, daun yang muncul terlebih dahulu menutup daun yang tumbuh kemudian hingga membentuk krop bulat panjang yang berwarna putih. Susunan dan warna bunganya seperti kubis (Sunarjono, 2004 dalam Fahrudin, 2009).

2.4. Syarat Tumbuh Sawi Caisim (*Brassica juncea* L.)

Sawi caisim (*Brassica juncea* L.) dapat tumbuh baik di tempat yang berhawa panas maupun berhawa dingin, sehingga dapat diusahakan dari dataran rendah

sampai dataran tinggi (Edi dkk, 2010). Caisim cocok di daerah penanaman dengan ketinggian mulai dari 5 meter sampai dengan 1200 mdpl dan biasanya dibudidayakan pada daerah yang mempunyai ketinggian 100 meter sampai 500 meter (Margiyanto, 2007 dalam Muzayyanah, 2009).

Menurut Edi, dkk (2010), kondisi tanah yang gembur, banyak mengandung humus, subur dan drainase baik merupakan syarat tanah yang ideal bagi tanaman sawi. Selain itu, tidak menggenang (becek), tata udara dalam tanah berjalan dengan baik, dan pH tanah antara 6-7 juga merupakan syarat tanah yang ideal bagi tanaman sawi (Rukmana, 1994 dalam Muzayyanah, 2009). Sawi di dataran rendah umumnya ditanam pada jenis tanah latosol dengan pH 6 serta dosis pupuk kandang minimum 20 ton/hektar.

Daerah dengan suhu malam hari $15,6^{\circ}\text{C}$ dan siang hari $21,1^{\circ}\text{C}$ serta penyinaran matahari antara 10-13 jam per hari merupakan daerah tumbuh yang cocok untuk tanaman sawi. Beberapa varietas sawi ada yang tahan terhadap suhu panas, dapat tumbuh dan berproduksi baik di daerah yang suhunya antara 27°C - 32°C (Rukmana, 2007).

Sawi hijau tumbuh optimal pada kelembaban udara yang berkisar antara 80-90%. Tanaman sawi hijau tergolong tahan terhadap hujan. Curah hujan yang sesuai untuk pembudidayaan tanaman sawi hijau adalah 1000-1500 mm/tahun. Meskipun demikian tanaman sawi hijau tidak tahan terhadap air yang menggenang (Cahyono, 2003).

2.5. Pupuk Kandang Kambing

Pupuk kandang adalah salah satu pupuk yang berasal dari limbah hewan ternak. Kualitas pupuk kandang dipengaruhi oleh jenis ternak, pakan ternak dan cara penampungan pupuk kandang. Pupuk kandang mempunyai beberapa manfaat seperti membuat tanah menjadi subur, gembur dan mudah diolah. Manfaat ini tidak dapat digantikan oleh pupuk buatan (Lingga, 1991 dalam Fatma, 2009).

Umumnya unsur hara yang lengkap yang dibutuhkan tanaman terkandung dalam kotoran hewan ternak. Menurut Lingga (1991) dalam Fatma (2009), Kotoran ternak yang dimanfaatkan untuk pupuk kandang memiliki beberapa kandungan unsur hara yang penting bagi tanaman diantaranya adalah unsur nitrogen (N), fosfor (P) dan kalium (K). Ketiga jenis unsur hara tersebut sangat penting diberikan pada tanaman karena masing-masing memiliki fungsi yang sangat penting bagi pertumbuhan tanaman.

Kandungan fosfor banyak terkandung dalam pupuk kandang padat. Sementara itu, nitrogen dan kalium banyak terkandung dalam urine ternak. Unsur hara yang terkandung dalam pupuk kandang diantaranya kalsium, magnesium, belerang, natrium, besi, tembaga, dan molibdenum. Kandungan nitrogen dalam urine ternak 3 kali lebih besar dibandingkan dengan nitrogen dalam kotoran padat. Sementara itu, kandungan kalium dalam urine lebih besar 5 kali lipatnya (Parnata, 2010).

Salah satu jenis ternak yang bisa dijadikan pupuk adalah ternak kambing. Limbah yang digunakan dapat berupa feses, sisa pakan dan urine. Bentuk pupuk kandang kambing dapat berupa padat ataupun cair. Tekstur kotoran kambing berupa

butiran yang agak susah pecah secara fisik. Bentuk ini sangat berpengaruh pada proses dekomposisi. Nilai rasio C/N pupuk kandang kambing cukup tinggi yaitu diatas 30 (Setiawan, 2010).

Menurut Parnata (2010), Kandungan nitrogen dan kalium kotoran kambing lebih tinggi dibandingkan kotoran sapi. Sementara itu, kadar air pada kotoran kambing lebih rendah dibandingkan dengan kotoran sapi. Tekstur kotoran kambing yang khas sangat berpengaruh dalam proses dekomposisi, sehingga kotoran kambing lebih baik digunakan setelah dikomposkan. Pupuk yang berasal dari kotoran kambing merupakan salah satu pupuk yang bersifat panas selain kuda dan ayam. Dalam aplikasinya, penggunaan pupuk panas harus hati-hati karena dapat merusak tanaman. Adapun menurut Syamsu (2013), kotoran kambing mengandung N dan K, masing- masing 2 kali lebih besar daripada kotoran sapi.

Menurut Pinus Lingga (1991) dalam buku Prihmantoro (2007), pupuk padat kambing mengandung bahan organik nitrogen sebesar 0,60%; fosfor sebesar 0,30%; kalium sebesar 0,17%; dan air sebesar 60%.

Pupuk kandang kambing sangat baik dimanfaatkan untuk memperbaiki sifat fisika dan kimia tanah. Adapun beberapa jenis sifat fisika dan kimia tanah yang penting diketahui antara lain:

a. Sifat Fisika Tanah

Beberapa contoh sifat fisika tanah yang penting diketahui yaitu tekstur tanah, struktur tanah dan porositas tanah. Berikut adalah penjelasannya masing-masing:

1. Tekstur tanah

Tekstur adalah perbandingan relatif antara fraksi pasir, debu dan liat, yaitu partikel tanah yang diameter efektifnya ≤ 2 mm (Agus, 2006). Tanah dengan banyak kandungan pasir akan banyak memiliki pori-pori makro (besar) disebut lebih poreus, tanah dengan banyak kandungan debu akan banyak mempunyai pori-pori meso (sedang) agak poreus, sedangkan tanah dengan banyak kandungan liat akan memiliki pori-pori mikro (kecil) atau tidak poreus. Menurut Hardjowigeno (2003) dalam Utami (2009) tanah bertekstur pasir dengan pori-pori makro akan sulit menahan air. Tanah tersebut juga termasuk tanah yang sangat mudah diolah dan memiliki aerasi (ketersediaan rongga udara) dan drainase yang baik, namun memiliki luas permukaan kumulatif yang relatif kecil, sehingga kemampuan menyimpan airnya sangat rendah atau tanahnya lebih cepat kering.

2. Struktur tanah

Struktur tanah adalah kumpulan butir-butir tanah disebabkan terikatnya butir-butir pasir, liat dan debu oleh bahan organik, oksida besi dan lain-lain. Ukuran pori dan kemantapan pori merupakan struktur tanah yang penting dalam mempengaruhi infiltrasi. Pori-pori dengan diameter besar (0,06 mm atau lebih) memungkinkan air keluar dengan cepat sehingga tanah beraerasi baik, pori-pori tersebut juga memungkinkan udara keluar dari tanah sehingga air dapat masuk (Arsyad, 2005 dalam Utami, 2009). Selain itu, Putra (2009) dalam Margolang dkk (2015) menyatakan bahwa struktur tanah

merupakan agregat tanah antara suatu agregat dengan agregat yang lainnya yang terbentuk dari partikel-partikel tanah (pasir, debu, dan liat). Dengan kata lain struktur tanah berkaitan dengan agregat tanah dan kemantapan agregat tanah. Bahan organik berhubungan erat dengan kemantapan agregat tanah karena bahan organik bertindak sebagai bahan perekat antara partikel mineral primer.

3. Porositas tanah

Porositas adalah ruang kosong (proporsi ruang pori total) yang terdapat dalam satuan volume tanah yang dapat ditempati oleh air dan udara (Hanafiah, 2007 dalam Utami, 2009). Menurut Hardjowigeno (2007) dalam Utami (2009), kandungan bahan organik, struktur, dan tekstur tanah sangat mempengaruhi porositas tanah. Jika bahan organik tinggi maka porositas tanah juga akan tinggi. Porositas yang lebih tinggi menunjukkan bahwa tanah tersebut memiliki struktur remah atau granular.

b. Sifat Kimia Tanah

Beberapa contoh sifat kimia tanah yang penting diketahui yaitu derajat kemasaman (pH), kapasitas tukar kation tanah (KTK), kejenuhan basa (KB) dan unsur hara makro mikro tanah. Berikut adalah penjelasannya masing-masing:

1. Derajat kemasaman (pH)

Kemasaman tanah sering disebut dengan nilai pH. Keasaman atau pH (*potential of hydrogen*) adalah nilai yang menggambarkan jumlah relative ion

H^+ terhadap ion OH^- didalam larutan tanah (pada skala 0-14). Sebuah larutan tanah dapat dikatakan bereaksi asam jika nilai pH berada pada kisaran 0-6 yang artinya ion H^+ dalam larutan tanah lebih besar daripada ion OH^- . Sebaliknya larutan tanah dapat dikatakan bereaksi basa (alkali) jika nilai pH berada pada kisaran 8-14 yang artinya ion H^+ dalam larutan tanah lebih kecil daripada ion OH^- . Selain itu, jika nilai pH sebesar 7 maka larutan tanah dapat dikatakan bereaksi netral yang artinya jumlah ion H^+ didalam larutan tanah sama dengan jumlah ion OH^- . Semakin banyak kandungan ion H^+ didalam larutan tanah, reaksi tanah tersebut akan semakin asam (Novizan, 2002).

Berkurangnya kation kalsium, magnesium, kalium atau natrium dalam tanah dapat menyebabkan tanah bersifat asam. Keadaan ini menunjukkan terjadinya pencucian dimana unsur-unsur tersebut telah terbawa oleh aliran air ke lapisan tanah yang lebih bawah atau hilang diserap oleh tanaman. Ion-ion positif yang melekat pada koloid tanah berkurang, kation pembentuk asam seperti hydrogen dan aluminium akan menggantikannya (Novizan, 2002).

Keberadaan unsur yang bersifat racun bagi tanaman juga dapat diketahui berdasarkan nilai derajat kemasaman atau pH tanah yang terkandung didalamnya. Pada tanah asam, unsur aluminium akan lebih banyak ditemukan. Unsur aluminium bersifat racun dan juga mengikat phosphor, sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Pada tanah asam, unsur-unsur mikro menjadi mudah larut sehingga dapat ditemukan unsur mikro seperti Fe, Zn, Mn, Cu dalam jumlah yang terlalu besar. Akibatnya

juga menjadi racun bagi tanaman. Pada tanah alkali, dapat ditemukan unsur natrium (Na) dan molibdenum (Mo) yang juga dapat meracuni tanaman (Novizan, 2002).

2. Kapasitas Tukar Kation

Kemampuan atau kapasitas koloid tanah untuk memegang kation ini disebut dengan Kapasitas Tukar Kation (KTK). Kapasitas ini secara langsung sangat ditentukan oleh tipe koloid yang terdapat didalam tanah dan tergantung pada jumlah muatan negatif dari koloid tanah. Semakin tinggi KTK tanah, semakin subur tanah tersebut. Demikian juga kemampuan menyerap pupuknya juga semakin tinggi (Novizan, 2002).

Kesuburan tanah sangat berhubungan dengan jumlah relatif dari tiap kation yang dijerap atau diikat oleh koloid tanah. Tanah dengan tingkat keasaman tinggi menunjukkan bahwa sebagian besar kation pada koloidnya berupa hydrogen dan aluminium. Tanah dengan pH 6-8 mengandung ion Ca lebih besar dibandingkan dengan ion lainnya (Novizan, 2002).

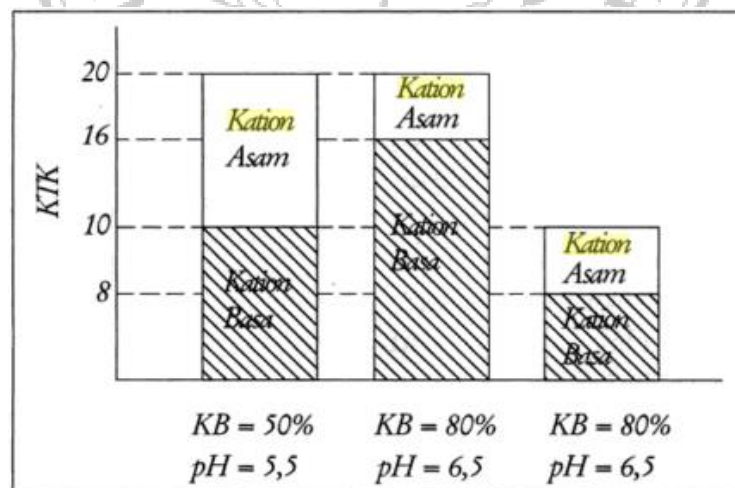
Kapasitas tukar kation (KTK) setiap jenis koloid tanah berbeda-beda. Tanah ber KTK rendah lebih sering dijumpai pada tanah dengan kandungan pasir yang tinggi dibandingkan dengan tanah dengan kandungan liat atau debu. Namun, secara pasti nilai KTK tanah hanya dapat diketahui setelah dilakukannya analisis tingkat kesuburan tanah di laboratorium (Novizan, 2002).

3. Kejenuhan Basa

Kejenuhan basa menunjukkan perbandingan jumlah kation basa dengan jumlah seluruh kation yang terikat pada kation tanah dalam satuan persen. Kation yang terikat pada koloid tanah dibedakan menjadi 2 golongan yakni kation basa yang terdiri dari Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} dan Na^+ serta kation asam yang terdiri dari H^+ dan Al^{3+} . Jumlah kedua kation tersebut menunjukkan KTK (Novizan, 2002).

Kation basa adalah unsur hara yang diperlukan tanaman dan sangat mudah tercuci oleh aliran air. Tanah yang belum banyak mengalami pencucian biasanya adalah tanah dengan ketersediaan hara tinggi serta kejenuhan basa yang tinggi (Novizan, 2002).

Nilai kejenuhan basa hanya dapat diketahui melalui analisis kesuburan tanah di laboratorium. Adapun diagram kejenuhan basa dapat diketahui sebagai berikut:



Gambar 1. Diagram Kejenuhan Basa

Diagram diatas menunjukkan perbandingan jumlah kation basa dengan jumlah seluruh kation yang terikat pada koloid tanah. Korelasi yang nyata nampak antara persentase kejenuhan basa dan pH yang ada. Menurunnya kejenuhan basa akibat hilangnya kalsium atau kation basa lain juga menyebabkan menurunnya pula pH tanah karena kation basa akhirnya digantikan oleh hydrogen dan aluminium (Novizan, 2002).

4. Unsur Hara Makro dan Mikro Tanah

Unsur hara esensial berdasarkan jumlah yang diperlukan oleh tanaman telah dikelompokkan menjadi dua kelompok yaitu unsur hara makro dan mikro. Unsur hara makro adalah unsur hara esensial yang diperlukan tanaman dalam jumlah besar seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), sulfur (S) dan magnesium (Mg), sedangkan unsur hara mikro terdiri dari unsur besi (Fe), boron (B), tembaga (Cu), klorin (Cl), mangan (Mn), molybdenum (Mo) dan seng (Zn) yang dibutuhkan dalam jumlah sedikit. Selain unsur hara esensial diatas, unsur lain seperti unsur kobalt (Co), vanadium (V), natrium (Na) dan silikon (Si) juga dijumpai dalam tanah dan tanaman (Handayanto dkk, 2017).

Fungsi masing-masing unsur hara makro dan mikro tersebut berbeda-beda. Unsur Nitrogen (N) berfungsi untuk menyusun asam amino (protein), asam nukleat, nukleotida, dan klorofil pada tanaman, sehingga dengan adanya N akan tanaman akan lebih hijau dan pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah anakan, jumlah cabang) semakin cepat. Kekurangan N pada tanaman dapat

menyebabkan seluruh tanaman berwarna pucat kekuningan (klorosis) akibat terganggunya pembentukan klorofil akibat proses asimilasi yang tidak lancar, pertumbuhan tanaman kerdil, jumlah anakan atau jumlah cabang sedikit, serta pada tahap lanjut, daun menjadi kering dimulai dari daun pada bagian bawah tanaman (Rina, 2015).

Keberadaan unsur P (Fosfor) sangat dibutuhkan dalam aktivitas metabolisme tanaman sebagai penyimpan dan transfer energi, sehingga dengan adanya P maka akan memacu pertumbuhan akar dan membentuk sistem perakaran yang baik. Akar yang tidak berkembang dengan baik tidak dapat mengabsorpsi unsur hara lebih banyak. Fungsi lain unsur P adalah juga untuk memacu pembentukan bunga dan juga pematangan buah/biji. Sama halnya dengan pemberian unsur hara N, tanaman yang kekurangan hara P warna daunnya juga kekuningan. Tanaman juga akan menunjukkan gejala pertumbuhan tanaman menjadi kerdil, sistem perakaran kurang berkembang, serta panen dapat terlambat karena pembentukan bunga/ buah/ biji terhambat (Rina, 2015).

Unsur hara K (Kalium) berfungsi sebagai aktivator enzim. Unsur K dapat membantu proses penyerapan air dan unsur hara dari tanah oleh tanaman serta membantu transportasi hasil asimilasi dari daun ke jaringan tanaman. Pertumbuhan tanaman yang kekurangan unsur K akan menjadi kerdil serta seluruh tanaman akan berwarna pucat kekuningan (klorosis) (Rina, 2015). Selain itu menurut Novizan (2002), gejala kekurangan K yaitu

batang dan cabang lemah dan mudah rebah, daun mengerut dan kematangan buah terhambat.

Unsur Ca (Kalsium) berperan penting dalam membantu pembentukan biji pada tanaman. Kekurangan unsur kalsium dapat menyebabkan daun keriput dan batang menjadi lemah (Arisworo dkk, 2006). Adapun unsur Mg (magnesium) dan S (Sulfur) atau belerang merupakan unsur yang penting sebagai penyusun klorofil pada tanaman. Unsur Mg (magnesium) berperan pula terhadap metabolisme nitrogen. Makin tinggi tanaman menyerap Mg, makin tinggi pula kadar protein dalam akar ataupun bagian atas tanaman. Selain itu unsur S berperan dalam pembentukan protein. Defisiensi Mg dan S menyebabkan terhambatnya penyusunan protein dan molekul klorofil sehingga gejala yang nampak pada tanaman tersebut yaitu daun bisa menjadi kekuningan dan seiring berjalannya waktu daun menjadi kecil dan rapuh (Rosmarkam dkk, 2002).

Unsur B (Boron) dalam tanaman berperan dalam pembelahan, pemanjangan dan diferensiasi sel (Rosmarkam dkk, 2002), sedangkan menurut Aryulina dkk (2006), unsur B (boron) berperan dalam mengatur perkecambahan, pembungaan, pembuahan, pembelahan sel dan metabolisme nitrogen. Kekurangan unsur B dapat menyebabkan pertumbuhan tunas terhenti, cabang lateral mati, daun menebal dan keriting serta menjadi rapuh.

Unsur Fe (Besi) dalam tanaman berperan sebagai penyusun klorofil, protein, enzim dan berperan dalam perkembangan kloroplas. Kekurangan unsur Fe menyebabkan terhambatnya pembentukan klorofil dan akhirnya

juga penyusunan protein menjadi tidak sempurna. Daun muda menjadi kekuning-kuningan dengan warna tulang daun yang menjadi gelap merupakan gejala defisiensi Fe (Rosmarkam dkk, 2002).

Menurut Haryoto (2009), unsur Cu (Tembaga) berperan sebagai bahan pembentuk klorofil dan ikut dalam proses fotosintesis. Menurut Aryulina dkk (2006), kekurangan Cu dapat menyebabkan klorosis, bintik-bintik pada daun yang sudah mati dan pertumbuhannya terhambat.

Unsur Cl (Klor) berperan penting dalam mengatur pertumbuhan akar dan batang serta mengatur fotolisis. Layu, klorosis dan beberapa daun mati merupakan gejala yang nampak akibat kekurangan unsur tersebut (Aryulina dkk, 2006).

Unsur Mn (Mangan) berperan dalam sintesis klorofil dan pengaktifan koenzim. Kekurangannya menyebabkan berkas pembuluh berwarna gelap tetapi warna daun memutih dan gugur (Aryulina, 2006).

Menurut Haryoto (2009), unsur Mo (molibdenum) berperan dalam mengikat nitrogen. Unsur Mo (molibdenum) merupakan bagian dari enzim yang digunakan dalam metabolisme nitrogen. Kekurangan Mo dapat menyebabkan daun hijau pucat dan menggulung. Unsur Zn (Seng) memiliki fungsi untuk mengatur pembentukan auksin, kloroplas dan amilum serta komponen enzim. Klorosis, daun berwarna merah tua dan akar abnormal merupakan gejala akibat kekurangan unsur tersebut (Aryulina dkk, 2006).